

# Corredores biológicos una estrategia de recuperación en paisajes altamente fragmentados

estudio de caso Microcuenca La Bolsa, municipio de Marinilla

## Identification of biological corridors in highly fragmented landscapes through gis tools

Case study Microcuenca La Bolsa, Marinilla Town

Recibido para evaluación: 14 de Junio de 2011  
Aceptación: 27 de Marzo de 2012  
Recibido versión final: 16 de Abril de 2012

Catalina Ruiz Osorio<sup>1</sup>  
Dorotea Cardona Hernández<sup>2</sup>  
José Luis Duque<sup>3</sup>

### RESUMEN

El objeto del presente trabajo es la identificación de corredores biológicos como estrategia de recuperación en paisajes altamente fragmentados, a través de herramientas de Sistemas de Información Geográfica, SIG, tomando como estudio de caso la microcuenca La Bolsa del municipio de Marinilla.

Las herramientas de SIG como V- Late permitieron la evaluación de la estructura del paisaje mediante el análisis estadístico de los fragmentos boscosos de importancia para la biodiversidad local, a partir de un *raster de costo* que permitió el trazado del corredor biológico utilizando *Cost weight*, *shortest path* y un *buffer* de 100 mts como ancho óptimo para el uso de algunas especies animales como pequeños y medianos mamíferos y aves. Lo anterior permitió proponer el corredor biológico que permitirá la conexión funcional de los ecosistemas estratégicos de la microcuenca y la vez la recuperación, conservación y protección de la biodiversidad presente en la zona.

Es importante resaltar la utilización de las aves como indicadoras de la biodiversidad y perturbación de los ecosistemas. Con ellas, se propone medir la susceptibilidad a la fragmentación, el estado de riesgo por pérdida de hábitat con algunas especies frugívoras o migratorias que son sensibles a estas alteraciones y que permiten, mediante monitoreo, evaluar el éxito del corredor biológico, pues aunque el presente trabajo tomó datos hipotéticos, la utilización de estos indicadores pretende establecer que es necesario identificar especies claves tanto de flora como de fauna que permitan realizar seguimiento y verificar el éxito o no de la estrategia de recuperación planteada.

**Palabras claves:** Corredor biológico, SIG, Conservación, Biodiversidad, Estrategias de conexión.

### ABSTRACT

The study object is to identify biological corridors as recovery time strategy in highly fragmented landscapes through tools of Geographic Information Systems, taking as a case study of microcuenca La Bolsa, Marinilla Town.

GIS tools such as V- Late, allowed assessing landscape structure through statistical analysis of forest fragments of local biodiversity importance, that from a cost raster that allowed the tracing of the biological corridor using Cost weight, shortest path and a buffer width of 100 meters as optimal for the use of certain animal species such as small and medium-sized mammals and birds. This allowed us to propose the biological corridor that will allow functional linkage of strategic ecosystems of the watershed and the recovery time, preservation and protection of biodiversity in the area.

Importantly, the use of birds as indicators of biodiversity and ecosystem disruption with which you intend to measure susceptibility to fragmentation, risk status due to loss of habitat and migratory frugivorous species which are sensitive to these changes and allow monitoring by evaluating the success of the biological corridor, because although the present study took a hypothetical data, the use of these indicators are intended to establish the need to identify key species of flora and fauna that allow for monitoring and verifying the success or otherwise of posed recovery strategy.

**Key words:** Biological Corridor, GIS, Conservation, Biodiversity, Strategies of connection.

- 
1. Ingeniera Forestal
  2. Administradora Ambiental
  3. Asesor: Ingeniero Especialista

Posgrados  
Facultad De Ingeniería  
Universidad De Antioquia

## 1. INTRODUCCIÓN

El municipio de Marinilla está ubicado sobre la cordillera central de los Andes Colombianos, y exhibe condiciones de “municipio despensa” del Valle de Aburrá como la mayoría de los municipios del Oriente Antioqueño; presenta alto grado de fragmentación y por consiguiente pérdida de biodiversidad debido a la presión constante por la demanda de tierras para la agricultura y la parcelación para zonas de recreo. A este municipio pertenece la microcuenca de la quebrada La Bolsa que no es ajena a esta situación de desaparición, segmentación del bosque y deterioro de ecosistemas estratégicos como los humedales. Actualmente su paisaje es un mosaico de sistemas productivos y escasos remanentes naturales, donde éstos últimos son la única alternativa de conservación de especies animales y vegetales, siendo necesario el desarrollo de estrategias que permitan proteger estos hábitats naturales y fomentar un manejo armonioso de los sistemas productivos con el medio.

El presente trabajo muestra la identificación de corredores biológicos como estrategia de recuperación en paisajes altamente fragmentados a través de herramientas de Sistemas de Información Geográfica, tomando como estudio de caso, la microcuenca La Bolsa del municipio de Marinilla. Para ello, se identificaron las coberturas y hábitats fragmentados, continuando con la aplicación de herramientas SIG para trazar una alternativa de corredor biológico y, finalmente, plantear estrategias que permitan implementar la conexión funcional en el paisaje de la Microcuenca La Bolsa.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Materiales

La identificación de los parches boscosos o áreas de importancia a conectar se basó en el mapa digital de coberturas (Escala 1:5.000), elaborado a partir de fotografías aéreas a color, de alta resolución, suministradas por el municipio de Marinilla con un tamaño de pixel de 0.25x0.25 del año 2007. Se utilizó el sistema de clasificación de CORNARE y una categoría adicional (humedales), identificada como ecosistema estratégico relevante no incluida en las categorías de CORNARE. Una vez procesada la cartografía se realizaron recorridos de campo para verificar y corroborar las coberturas.

Entre los insumos utilizados, se encuentran los siguientes mapas suministrados por el municipio de marinilla: red hídrica, construcciones y predios a escala 1:10.000.

### 2.2. Métodos

*Evaluación de la estructura paisajística* mediante el análisis estadístico en la vegetación de los bosques naturales de sucesión intermedia, bosque natural de sucesión temprana, guaduales, humedales y pastos arbolados. Se evaluaron cinco índices: área, forma, borde, proximidad y análisis de la subdivisión, con la herramienta informática V- LATE (Vector based Landscape Analysis Tool Extension), la cual trabaja en formato vectorial y se presenta como una extensión del programa ArcGis (Martí *et al.*, 2004).

Como ejercicio de acercamiento a la identificación de las especies de aves susceptibles a la fragmentación de la zona, se recurrió a dos inventarios de aves de la Sociedad Antioqueña de Ornitología (SAO) en zonas con características similares y relativamente cercanas: los Municipios de La Ceja y Granada. Se realizó además una salida de campo en la parte baja de la microcuenca y un taller sobre avistamiento de aves, con el fin de preparar la comunidad para realizar los registros de las aves de su localidad.

Para seleccionar las especies de aves cuya supuesta presencia nos permite inferir en la vulnerabilidad del ecosistema y el éxito de la re-vegetalización con especies de flora nativa en los corredores, se tuvo en cuenta las variables de extinción de especies a nivel local por degradación o alteración de hábitats: alta dependencia de hábitat, especies que conforman bandadas mixtas, de gran tamaño corporal, susceptibles a la pérdida de hábitat y finalmente las especies de aves reportadas en el listado de aves colombianas con algún riesgo de extinción (Ver: listados relacionados).

Durante el recorrido de campo, se utilizaron herramientas para el desarrollo participativo

como los métodos de entrevistas semi- estructuradas, comunicación oral y observación de campo. Estos métodos están enfocados a la triangulación de información desde diferentes puntos de vista (Adaptado de Geilfus, 1997).

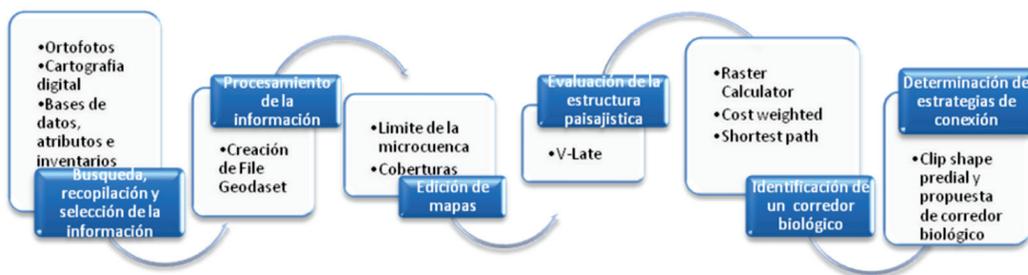
**Identificación de un corredor biológico mediante herramientas de SIG:** con el fin de evaluar la viabilidad de implementación del corredor, teniendo en cuenta sus componentes estructurantes (Matriz, gran paisaje sobre el cual se diseña el corredor; fuentes como áreas que albergan especies que se pueden desplazar usando el corredor; y nodos como áreas que facilitan el movimiento desde las fuentes a través de la matriz (Adaptado de Anaya, 2007)), se incluyeron variables bióticas (flora y fauna), abióticas (Geomorfología, hidrología, red hídrica) y antrópicas (carreteras, asentamientos humanos y usos de suelo) (Adaptado de González, 2010).

Las herramientas utilizadas para definir las alternativas de conexión fueron: Cost weighted y Shortest path. Cost weighted es una función de la extensión Spatial analyst de ArcGis 9.3 que permite obtener distancia de coste ponderada por uno o varios parámetros usados como superficie de fricción. Esta herramienta, junto con el Shortest path, calcula la ruta más corta entre dos puntos sobre una superficie de costo, asumiendo que es mucho más costoso por donde no es viable el diseño del corredor, como por ejemplo las coberturas antrópicas (Adaptado de Reyes, s. f.).

Para obtener el raster de costo, se reclasificaron las diferentes capas, teniendo en cuenta el tipo de cobertura, los índices de calidad de los parches y conectividad de los mismos evaluados con V- Late y las áreas de conservación y protección ambiental (Áreas de aptitud Forestal AP\_F y Protectoras-PROT) definidas en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Marinilla (Municipio de Marinilla, 2007). Sobre el raster de costo, se trazó el corredor usando el Cost weighted y Shortest path y se le aplicó un buffer de 50m, considerando un ancho de 100 metros apropiado para especies de aves en los Bosques de Bremen y Barbas en el Quindío (IAvH, 2006).

**Determinación de Estrategias de Conexión:** Considerando que la restauración de hábitats transformados o seriamente degradados es demasiado costosa o lenta (Dinertein, 1995), se plantean estrategias de conexión factibles con el uso actual del suelo, siendo consecuentes con el tamaño de los predios que permita la protección de ecosistemas estratégicos como humedales, los bosques naturales aún existentes y las áreas menos aptas para uso agropecuario, frente al riesgo de erosión o deterioro.

**Figura 1.** Diagrama de flujo de la metodología



### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Estructura paisajística de la Microcuenca

Para facilitar la representación del paisaje, se considera el enfoque de Forman (1995), con tres categorías: parche, corredor y matriz. La cobertura dominante o matriz de la Microcuenca son los cultivos (en su mayoría permanentes) con 665 Ha correspondientes al 74 % del área total. Los parches identificados como posibles albergues de avifauna y de importancia para la biodiversidad en general se evidencian en guaduales, rastrojos altos, pastos arbolados y humedales, así como bosques secundarios enmarcados en áreas de conservación y protección ambiental (Ver: Figura 2. Coberturas y áreas de conservación y protección ambiental).

**Figura 2.** Coberturas y Áreas de conservación y protección ambiental



La *dimensión fractal* promedio de 1,4 a 1,5 evidencia que los perímetros no son simples (círculos y cuadrados), ni muy complejos, ni recortados. Sólo se presentan 6 casos extremos: un parche de pasto arbolado cuyo perímetro tiende a la forma circular (con 1,2 de índice fractal) y 5 fragmentos de Bosque natural sucesión temprana (3 relictos), Bosque plantado guadua (1 relictos) y pasto arbolado (1 relictos) cuyo índice fractal tiende a 2, lo que indica relictos alargados y con alto efecto borde. El *índice Shape* indica que la mayoría de los fragmentos tienden a la forma circular ya que su promedio se acerca al valor de 1 en un límite infinito.

En cuanto al grado de aislamiento del parche, el *índice de proximidad* que se evaluó en radios de 50m, 500m, 1000m y 2000m, relacionaron valores promedio diversos para cada tipo de parche. Para los fragmentos de bosque natural de sucesión intermedia y bosque natural de sucesión temprana, el índice nos hace inferir que la distancia entre parche y parche de estos tipos de cobertura es considerable, entretanto los humedales y los pastos arbolados muestran la mayor cercanía entre parches del mismo tipo.

Para el *paisaje*, se calculó el área total (TA) y el número de parches (NP), teniendo como resultado que el área total de los fragmentos seleccionados fue de 1.890.210 m<sup>2</sup> con un número total de parches de 323.

Durante la salida de campo, se registraron 18 especies de aves en un área menor a 1 hectárea, que complementadas con los listados de lugares similares facilitados por la SAO, permitieron definir las aves para el estudio de caso; con alta dependencia de hábitat, son representadas por las migratorias de la familia Parulidae, un grupo de insectívoras que, por su pequeño tamaño y su condición de migratoria, son susceptibles a la pérdida de hábitat ya que cada año regresan a las mismas zonas donde encontraron refugio y alimento la temporada anterior y cualquier alteración puede ocasionar la muerte de miles de especímenes, al no encontrar un lugar para proveerse de alimento después de un largo viaje desde el norte del continente (Ver: Tabla 2. Especies con alta dependencia de hábitat: aves migratorias). Estas especies conforman además bandadas mixtas que son otro factor determinante en la extinción de especies.

**Tabla 2.** Especies con alta dependencia de hábitat: Aves migratorias

Especie	Comportamiento, estatus y hábitat*
Mniotilta varia	Solitaria, normalmente sigue bandadas mixtas. Selvas montes claros y bordes.
Vermivora peregrina	En grupos mixtos busca en follaje de todos los niveles. En mayoría de áreas selváticas, prefiere montes claros especialmente en zona cafetera, principalmente en piedemontes y montañas.

Especie	Comportamiento, estatus y hábitat*
Dendroica virens	Sin descripción.
Dendroica fusca	Normalmente individuos siguen bandadas mixtas a nivel medio o superior. Se hallan dondequiera que se encuentren parches de bosque. Es la más común.
Seiurus noveboracensis	Prefiere cursos de agua y aguas anegadas, camina por el suelo y colea constantemente. Se encuentra comúnmente en arroyos lentos, charcas y manglares
Oporornis philadelphia	Furtiva en pastos. Se encuentra en pastos, arbustos bajos en claros y bordes enmalezados.
Wilsonia canadensis	En follajes densos a menudo con bandadas mixtas. Se encuentra en áreas de bosque especialmente en bordes con matorral en piedemontes y montañas.

\*Tomado de Guía de las aves de Colombia. 2001.

Como especies poco tolerantes a la perturbación de sus hábitats, se discriminan las especies frugívoras, las especies que conforman bandadas mixtas y especies de gran tamaño corporal relacionadas en la tabla 3. Estas aves representan, para el estudio de caso, las especies con susceptibilidad a la fragmentación y cumplen un papel importante por su función de dispersoras de semillas.

Especie y Estado	Comportamiento, estatus y hábitat*
<b>Familia Cracidae</b>	Comen principalmente material vegetal como: frutas, semillas y brotes. La mayoría de los pavones requieren selvas no perturbadas y no resisten ligeras presiones de caza.
Cryptorelus soui	Arisco y muy difícil de ver, se alimenta y descansa en el suelo. Es común en borde de bosque y estados tempranos de sotobosque denso.
<b>Ortalis guttata colombiana</b> Endémica	Gregaria en grupos de 6 a 12 individuos. Principalmente arbórea y a menudo baja al suelo. Le gustan los frutos de Cecropia. Común en bordes de selva húmeda, bosque de galería y claros con rastrojos y arboles dispersos.
Chamaepetes goudotii	Generalmente en parejas o en grupos de 3 a 5 individuos. Primordialmente arbórea, poco frecuente en el suelo. Hábitat: selvas húmedas y pluviales de montaña, bordes, monte secundario alto y ocasionalmente abiertos (cafetales).
<b>Familia Odontophoridae</b>	Generalmente terrestres y granívoras. Todas anidan en el suelo.
Odontophorus hyperythrus Endémica. LRCa: Bajo riesgo casi amenazado**	Bandadas ariscas de 3 a 9 individuos corren rápidamente por el suelo y ocasionalmente se posan a baja altura sobre el suelo. Poco común y local, en suelo de selvas húmedas de montaña, ocasionalmente en bordes densos y bosque secundario.
<b>Familia Psittacidae</b>	Pueden encontrarse en todos los hábitats. Se alimentan de variedad de semilla, frutas y flores.
Bolborhynchus lineola Raro	Se alimenta en copas de arboles en selva o bordes. Raro e impredecible en zonas selváticas de montaña, tal vez asociado a chuscales en producción de semilla.
<b>Familia Capitonidae</b>	Generalmente quietos, subsisten a base de frutas e insectos.
Capito hypoleucus Endémica. ENC2a En Peligro declinación continua del número de individuos**	Poco conocido y aparentemente raro.
<b>Familia Thraupidae</b>	La mayoría se alimentan de fruta suplementada con cantidades variables de insectos. Actúan como diseminadores de semillas.
Iridoprocne porphyrocephala LRCa: Bajo riesgo casi amenazado**	Siguen grupos mixtos de tangaras o forrajean solitarias en interior o bordes de selva y generalmente fuera de vista en matorrales. Salta y busca en follaje denso frutas e insectos, pero se reúne en arboles en fruta con otros frugívoros. Es poco común en selva con nublada, bordes y bosque secundario, ocasionalmente en áreas menos húmedas.
Ramphocelus flammigerus Endémica	Ruidoso, conspicuo y a menudo en pequeños grupos en matorrales, pequeños árboles y arbustos en fruta. Medianamente común en pastizales enmalezados, áreas de matorral y bordes de selva.
Habia gutturalis Endémica. LRCa: Bajo riesgo casi amenazado**	Parejas o familias hasta de 4 individuos, siguen a hormigas legionarias o se unen a bandadas mixtas. Se encuentra en la selva húmeda, bordes de selva y bosque secundario, probablemente a lo largo de arroyos y derrumbes de selva extensa no perturbada, restringida a piedemontes.

\*Tomado de Guía de las aves de Colombia. 2001.

\*\*Renjifo, L.M. 1997.

**Tabla 3.** Especies de aves frugívoras y estado de riesgo

Hipotéticamente las especies seleccionadas permitirán evaluar a futuro el éxito del corredor al evidenciar su presencia en él y a través de estudios de poblaciones, reconocer la disminución del estado de riesgo en la zona, donde el apoyo de la comunidad preparada en la observación de aves facilitará el proceso de recopilación de información in situ.

### Corredor biológico y estrategias de conexión

Las diez categorías de cobertura identificadas se calificaron de acuerdo a su complejidad estructural y resiliencia: la complejidad hace referencia al desarrollo de diferentes estratos y biotopos que permite mayor complejidad en las cadenas alimenticias y la resiliencia se considera como la posibilidad de revertir los procesos perturbadores para regenerar condiciones similares a aquellas que existían antes de la intervención.

Los bosques naturales presentan elementos en gran cantidad de estratos con microclimas muy diferenciados, que permiten mayor diversidad de especies, para lo cual fueron reclasificados por el menor valor y su complejidad estructural es mayor a la que presentan los pastos y los arbustos y matorrales bajos. Para zonas donde la cobertura es principalmente antrópica, no se presenta complejidad estructural, ni capacidad de recuperación, para las zonas desprovistas de vegetación y en cultivos es baja. La calificación para cada cobertura se presenta de manera jerarquizada en la Tabla 4, Calificación de Coberturas y Áreas de conservación y protección ambiental, a continuación:

**Tabla 4.** Calificación de coberturas y áreas de conservación y protección ambiental

Calificación	Cobertura
1	Bosque natural sucesión intermedia
2	Bosque natural sucesión temprana
3	Humedales
4	Pasto arbolado
5	Bosque plantado guadua
6	Pastos enmalezados y con helechos
7	Cultivos
10	Vías/Tierras eriales, suelo desnudo
Áreas de conservación y protección ambiental	
0	No data: No son ni PROT ni AP_F
1	PROT
2	AP_F

El corredor biológico contempla un área 96,78 Ha correspondiente al 11% del área de la microcuenca (Ver figura 3. Corredor Biológico Propuesto). Las coberturas intervenidas por el corredor biológico y las áreas se relacionan en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Áreas por cobertura implicadas en el corredor

Cobertura	Área (Ha)
Bosques naturales sucesión intermedia	6,82
Bosques naturales sucesión temprana	20,79
Bosques plantados guadua	0,53
Cultivos transitorios varios	46,58
Humedales	17,96
Pastos arbolados	1,67
Pastos enmalezados y con helechos	1,38
Tierras eriales suelo desnudo erosionado	0,3
Vías	0,75



**Figura 3.** Corredor biológico propuesto

De acuerdo a los usos del suelo de las áreas incluidas en el corredor biológico, se identificaron diferentes estrategias definidas en la Tabla 6. Estrategias y coberturas. La consecución del material vegetal requerido para las estrategias se plantea fundamentalmente en viveros cercanos con niveles de calidad óptimos.

Estrategia	Tipo de Cobertura
Agroforestal <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agrosilvícola</li> <li>• Agrosilvopastoril</li> <li>• Silvopastoril</li> </ul>	Cultivos (Cp2z)
Protección y restauración de fragmentos <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección mediante cercamientos vivos con especies nativas</li> <li>• Fragmentos de bosque para conservación</li> <li>• Áreas para re-vegetalización</li> <li>• Enriquecimiento de Rastrojos</li> </ul>	Pasto arbolado (Pn2k) Bosque natural de sucesión intermedia o temprana (Bn2i -Bn2a) Áreas de Aptitud forestal Productora (AP_F) Pastos enmalezados y con helechos (Pn1k)
Protección de nacimientos y Humedales	Humedales y nacimientos

**Tabla 6.** Estrategias y coberturas  
 Fuente: Elaboración propia.

Como parte de la salida de campo, se indagó con las personas de la localidad sobre las prácticas que han modificado el paisaje de la zona. Estas personas identificaron que el aumento de fincas de recreo y el imaginario de que una tierra bien cuidada es aquella que no está en rastrojo, han propiciado la uniformidad del paisaje y la pérdida diaria de los espacios naturales de albergue de fauna y flora nativa; de igual forma resaltaron la presión de los cazadores en aquellos lugares que aún sirven de refugio de fauna en la zona y sobre los cuales no se ejerce ninguna sanción.

Todas estas estrategias deben ir acompañadas por asesorías de conocimiento de bienes y servicios ambientales de los corredores biológicos, mejoramiento, adaptación y cambio en las áreas que se requieran al igual que de incentivos tributarios que motiven a los propietarios a adaptar el corredor biológico.

En la actualidad la normatividad establece los siguientes mecanismos de incentivos:

- El Acuerdo 016 de 1998 establece para los bosques primarios, conservación en su estado actual mediante los mecanismos de afectación para futura adquisición, de exenciones tributarias y de estímulos y reconocimiento a la conservación.
- El Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Marinilla en el artículo 36 y 37 establece subsidios para los predios con áreas entre 10.5 y 3 hectáreas cuyos usos del suelo estén de acuerdo con el uso rural establecido en el Plan para gozar de una rebaja del 10% del impuesto predial y si son menores de una hectárea, de gozar de una rebaja del 5% del impuesto predial.

La microcuenca de la Quebrada La Bolsa se enmarca en un agro- paisaje, donde las condiciones físicas de los suelos condicionan una alta susceptibilidad a procesos erosivos amplificados por las prácticas inapropiadas de cultivo, manejo pecuario y asentamientos humanos sin planificación, lo que ha disminuido los hábitats naturales, refugio de fauna y flora nativas, y con ellas, la biodiversidad del territorio.

Los escasos fragmentos de bosque en la microcuenca con alto grado de intervención son el punto de referencia de conectividad para el establecimiento de un corredor biológico. Considerando que las medidas de conservación son más costosas en ecosistemas deteriorados, se requiere urgentemente tomar medidas para evitar que, en algunos años, desaparezcan totalmente los relictos de vegetación natural, incurriendo en costos mayores para el restablecimiento de zonas de protección del agua y el suelo.

Sólo 105,42 Ha (11,75%) están relacionadas con una cobertura boscosa natural de sucesión intermedia o temprana en la microcuenca. Por lo tanto, requieren mayor restricción de uso, ya que son las únicas fuentes de biodiversidad de la microcuenca, las cuales pueden proveer de material genético de importancia para el establecimiento de los corredores. CORNARE, como entidad de gestión y control de los recursos ambientales de la región, deberá fomentar prácticas de producción amigables como la agro- forestería y el manejo de bosques a los beneficiarios.

Los bosques no tienen un valor acorde a su real importancia. Por ello, se debe considerar sus servicios ecosistémicos para favorecer su competitividad frente a los cultivos agrícolas. Estas iniciativas deben ser promovidas por CORNARE y el municipio de Marinilla, a través del pago de incentivos por conservación y uso de sistemas agroforestales, lo que permitirá un acercamiento a la valoración económica de los servicios ambientales que contienen los bosques.

El 38,5 Ha (47,07 % del área total destinada para el Acuerdo 016) está constituido por vegetación de bosque natural de sucesión intermedia (Bn2i) y de bosque natural de sucesión temprana (Bn2t), donde 2, 83 Ha de bosque natural de sucesión intermedia (Bn2i) se consideró como de "aptitud forestal", poniendo en peligro una de las pocas fuentes de biodiversidad de la zona.

Según el acuerdo 016 de 1998, las áreas de protección para la microcuenca solo cuentan con los bosques en la parte alta, mientras que las áreas de aptitud forestal productora (AP\_F) se encuentran distribuidas por toda la microcuenca. Sin embargo, al identificar en el presente trabajo, las fuentes de importancia para conectar los fragmentos boscosos ricos en biodiversidad, se tuvo en cuenta estas zonas que, en algunos casos, cuentan con coberturas de bosques naturales de sucesión intermedia o temprana, por lo que se recomienda que las zonas de AP\_F se enmarquen dentro de las zonas de protección, así no tengan las características botánicas para serlo, permitiendo el restablecimiento de la flora y la fauna nativa mediante alguna de las estrategias definidas en el presente trabajo y así poder garantizar una mejor estructura al paisaje de la microcuenca.

Lo ideal de un conector es que tenga las mismas cualidades del fragmento que está conectando. Sin embargo esto resulta costoso y lento; el presente ejercicio se realizó dando al conector, características ambientalmente más factibles a través del establecimiento de vegetación que provea alimento y refugio para la fauna, protección para las fuentes de agua y que sirvan de percha para las aves, por lo que resulta ineficiente para especies que necesiten moverse en zonas más densas o conservadas.

Para el establecimiento de corredores biológicos en paisajes altamente fragmentados, se debe incluir especies de fauna y flora como bioindicadoras de los ecosistemas, a través de inventarios de biodiversidad para la identificación de especies claves que servirán para realizar el monitoreo una vez establecido el corredor y verificación del uso de los corredores biológicos.

La selección de las aves como especies indicadoras, debido a su fácil identificación en campo y amplios estudios de poblaciones, facilitan su inclusión para el trazado de los corredores, proporcionando además especies claves para verificar el éxito de las estrategias y el corredor biológico en el tiempo, se recomienda el monitoreo de aves en la zona.

Las aves migratorias son especies susceptibles a la pérdida de hábitat ya que, cada año, regresan a las mismas zonas donde encontraron refugio y alimento durante la temporada anterior. Las políticas de conservación internacional deben tener en cuenta los pocos relictos de bosque que tiene la microcuenca y así potencializar la zona como un refugio de fauna a nivel no solo local, sino internacional.

La integridad de áreas con intervención y manejo humano (sistemas agrícolas) complementa la integridad en áreas naturales, siendo éstas últimas, fundamentales para sostener la vida dentro y fuera de ellas. La coherencia ecológica del uso del suelo constituye un indicador de sostenibilidad ambiental y por ende, de integridad ecológica del paisaje.

CORNARE y las autoridades municipales establecen en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial, los humedales dentro de las áreas de conservación y protección ambiental. Por ello, deben poner a disposición todos los incentivos y diseñar nuevos planes para preservar este bien y así mejorar las condiciones actuales para el municipio y evitar sus recurrentes inundaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adamus, P. R., 1996. Bioindicarors for assessing ecological integrity praire wet lands. EPA/600/R-96/082. Corvallis, OR. US. Environmental protection agency, Environmental research laboratory.
- Bierregaard, R y T. Lovejoy, 1989. Effects of forest fragmentation on Amazonian understory birds communities. Acta Amazónica. Vol. 19; p 215- 241.
- Castaño, G. y C. Patiño, 2000. Cambios en la composición de avifauna en la parte alta de la Cuenca de la quebrada Santa Elena durante el siglo XX. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 125 p.
- Chinae, J. D., 2002. Teledetección del bosque. En: Guariguata, Manuel y Kattan, Gustavo. Editores. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Cartago: ediciones Lur, 2002. p 624- 646.
- Davis, T. J., Blasco, D. y M. Carbonel, 1996. Manual de la convención de RAMSAR. Una guía a la convención sobre los humedales de importancia internacional. Convención RAMSAR y Ministerio del Medio Ambiente de España.
- Dinerstein, E.; Olson, D. M., *et.al.*, 1995. Una evaluación del estado de conservación de las eco-regiones terrestres de América Latina y el Caribe. World Bank, Washington, DC (EUA). WWF, Washington, DC (EUA). 129 p
- Forman, R. T., 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. En: landscape ecology. Vol. 10, N° 3, p 133- 142.
- Galindo, C., 1998. Diseño y análisis de proyectos para el manejo y monitoreo de la diversidad biológica. Programa de la investigación tropical centro para la biología de la conservación. Universidad de Standford. 62 p.
- Geilfus, F., 1997. 80 Herramientas para el desarrollo participativo: Diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación. San Salvador.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT, 2001. Documento de valoración del proyecto: Conservación y uso sostenible de la biodiversidad en los andes colombianos sobre una donación propuesta por el Global Environmental Facility Trush Fund.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT,

2004. Documento sin publicar: Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en los Andes Colombianos. Componente 2: Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en Paisajes Rurales. Subcomponente: Oportunidades de Conservación, Ventana Cañón Río Barbas Quindío. Informe preliminar. Armenia.
- Karr, J. R., 1971. Structure of avian communities in selected Panama and Illinois habitats. *Ecol. Monogr.* 41- 207- 233.
- Kattan, G. H., 1997. Causas de la pérdida de biodiversidad. Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad en Colombia. Tomo II. Diversidad biológica. Instituto de investigaciones de recursos biológicos Alexander Von Humboldt. Editora Santa fe de Bogotá, D.C. Colombia.
- MacArthur, R. y Wilson, E. O., 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton university press, Princeton New Jersey.
- Martillambrich, C., Peña Llopis J., Pinto Fusalba, J., 2004. Metodología de análisis de la transformación del paisaje de la Costa Brava.: Evolución, diagnóstico y prognosis. En: *Territorio y Medio Ambiente. Métodos cuantitativos y Técnicas de información geográfica*. Editado por C. Conesa García y J. B. Martínez Guevara. Universidad de Murcia, España.
- Meffe, G. K. y C. R. Carroll, 1994. *Principles of conservat biology*. Sinauer associated Inc. Sunderland, Massachussets. 600 p.
- Mendoza, J. E. y R. A. Etter, 2002. *Landscape and urban planning*. Vol 59. Nº 3. p 147- 158. Bogotá.
- Montfort, J. y L. Roncancio, 1995. *Desarrollo forestal participativo de los Andes-Manual para la formulación de proyectos comunitarios*. SENA. Santafé de Bogotá.
- Naranjo, G. M. 2000. *Uso de indicadores de calidad biótica a nivel de paisaje para la caracterización y selección de ruta de proyectos de transmisión de energía*. Tesis de grado para el título de magíster. Universidad Nacional de Colombia. 106 p.
- Oliver, C. D. y B. C. Larson, 1990. *Forest stand dynamics*. McGraw- Hill, Inc. US.
- UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES NACIONALES NATURALES (UAESPNN) Y MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (MMA), 2001. Documento conceptual sobre planes de manejo de las áreas del sistema de parques nacionales naturales. Colombia.
- Renjifo, L. M., 1999. Composition changes in a subandean avifauna after long- term forest fragmentation. *Conservation biology*. Vol 13, Nº 5, p 1124- 1139.
- Restrepo, C., Renjifo, L. y P. Marples, 1997. Frugivores birds in fragmented neotropical montane forest: Landscape pattern and body mass distribution. p 171- 189. En: William F. Laurence & Richard O. Bierregaard. Jr. Editors. *Tropical forest remnants. Ecology, Management, and conservation of fragmented communities*. Univerity of Chicago Press. USA.
- Rosenberg, E. K., Noon, B. R. y Meslow, E. C., 1997. Biological corridors: form function and efficacy. *Bio- science*. Vol 47. p 677- 687.
- SAUNDERS, D.A., HOBBS, R.J. y C.R. MARGULES, 1991. Biological consequences of ecosystems fragmentation: A review. *Conservation biology*. Vol 5. p 18-32.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA DEPARTAMENTAL Y COORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL RÍO NEGRO – NARE (CORNARE). 1989. Plan de Ordenamiento y Manejo Microcuenca La Bolsa. Págs. 223. Marinilla.
- TERBORGH, J. 1977. Bird species diversity on an andean elevational gradient. *Ecology*. Vol 58. p 1007-1019.
- TISCHENDORF, L. y L. FAHRIG, 1998. A simulation experiment on the potential of hedgerows as movement corridors for forest carabids. *Ecology*. Vol 9. p 586-593.
- TURNER, M.G. 1989. Landscape ecology: the effect of patterns on process. *Annual review ecological Systems*. Vol 20. p 171-197.
- STEVEN, H. y W.L. BROWN, 2001. *Guía de las aves de Colombia*, traducción al español por Humberto Alvarez López. American bird Conservancy-ABC.

- VÉLEZ, L. 2001. Ordenación territorial y fragmentación del paisaje: Perspectivas para la integridad ecológica, *Gestión y Ambiente*, Volumen 4, N° 1 Págs. 111-118. Medellín.
- WALBURTON, N.H. 1997. Structure and conservation of forest avifauna in isolated reforest remnants in tropical Australia. P 190-2206. En: William F. Laurence & Richard O. Bierregaard. Jr. Editors. *Tropical forest remnants. Ecology, Management, and conservation of fragmented communities.* Univerity of Chicago Press. USA.
- WITH, K. y A.W. KING, 1997. The use and misuse of neutral landscape model in ecology. *Oikos*. Vol 69. 229 p.

## CONSULTAS EN INTERNET

- ANAYA, J., 2007. Evaluación del Estado de Conservación de los Ecosistemas Boscosos en los Valles de San Nicolás. [Documento en línea citado el 16 de julio de 2010 [http://www.unalmed.edu.co/~janaya/JAnayaCont06\\_Invest02.html](http://www.unalmed.edu.co/~janaya/JAnayaCont06_Invest02.html)].
- CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL RÍO NEGRO Y NARE- CORNARE. 1998. Acuerdo 016 de 1998. [Documento en línea citado el 16 de julio de 2010 <http://www.cornare.gov.co/normatividad/documentos/1/4/Acuerdo%20016%20de%201998%20cornare.doc>]
- CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL RÍO NEGRO Y NARE- CORNARE. 2009. Plan de Gestión Ambiental Regional 2009-2034. [Documento en línea citado el 16 de julio de 2010 [http://www.cornare.gov.co/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=285](http://www.cornare.gov.co/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=285)]
- CORTÉS, C. 2002. Métodos discretos. Departamento de economía general y estadística. Unidad docente de Estadística y Econometría. Univeridad de Huelva. [Documento en línea citado el 10 de diciembre de 2010 [http://www.uhu.es/24057/ficheros\\_datos/transparencias/tema7.PDF](http://www.uhu.es/24057/ficheros_datos/transparencias/tema7.PDF)].
- ESRI. ARCGIS RESOURCE CENTER. 2011. Corridor (Spatial Analyst). [Documento en línea citado el 26 de enero de 2011 [http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Creating\\_a\\_least\\_cost\\_corridor/009z00000024000000/](http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Creating_a_least_cost_corridor/009z00000024000000/)].
- GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA. 2010. [Documento en línea consultado el 15 de noviembre de 2010 <http://www.marinilla-antioquia.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mlxx-1-&m=#ecologia>]
- GÓMEZ, A. M; ANAYA, J. A. y E. DÁVILA, 2005. Análisis de fragmentación de los ecosistemas boscosos en una región de la cordillera Central de los Andes Colombianos. *Revista de Ingenierías Universidad de Medellín*. Vol 4, pp 13-27. No 007. [Documento en línea consultado el 5 de enero de 2011 <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/750/75004702.pdf>]. Medellín, Antioquia.
- GONZALEZ, J. 2010. Análisis Territoriales con SIG. [Documento en línea consultado el 5 Julio de 2010 <http://analisisterritoriales.blogspot.com/>]
- GURRUTXAGA, M. 2005. Red de Corredores Ecológicos de la Comunidad Autónoma de Euskadi [Documento en línea consultado el 4 Julio de 2010 [http://www.euskadi.net/r33-2288/es/contenidos/informe\\_estudio/corredores\\_ecologicos/es\\_doc/indice.html](http://www.euskadi.net/r33-2288/es/contenidos/informe_estudio/corredores_ecologicos/es_doc/indice.html)]
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. 2006. Modelo de manejo sostenible de paisajes rurales para La conservación de la biodiversidad en la región Andina colombiana. [Documento en línea consultado el 23 de noviembre de 2010 <http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=3000011>]
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. 2010. [Documento en línea consultado el 23 de noviembre de 2010 <http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=3000011>].
- MCGARIGAL, K. 1995. Department of Natural Resources Conservation, Universidad de Massachussets. [Documento en línea consultado el 6 de Julio de 2010. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>]

- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. 2009. Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos. [Documento en línea citado el 16 de julio de 2010 [http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosAmbiente/proyectos\\_norma/proyectos/020710\\_proy\\_politica\\_nal\\_gest\\_integral\\_biodiversidad\\_150710.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosAmbiente/proyectos_norma/proyectos/020710_proy_politica_nal_gest_integral_biodiversidad_150710.pdf)]
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL-MAVT. 2010. Resolución No. 1510 del 5 de agosto de 2010. [Documento en línea citado el 3 de febrero de 2011 [http://www.cornare.gov.co/attachments/Resolucion\\_1510\\_de\\_2010\\_Minambiente.pdf](http://www.cornare.gov.co/attachments/Resolucion_1510_de_2010_Minambiente.pdf)].
- MUNICIPIO DE MARNILLA, 2007. Plan Básico de Ordenamiento Territorial-PBOT del Municipio de Marinilla. [Documento en línea citado el 16 de julio de 2010 [http://marinilla-antioquia.gov.co/apc-aa-files/31313436666262366539646337623261/ACUERDO\\_098\\_DE\\_2007\\_PBOT.pdf](http://marinilla-antioquia.gov.co/apc-aa-files/31313436666262366539646337623261/ACUERDO_098_DE_2007_PBOT.pdf)].
- MUNICIPIO DE MEDELLÍN, 2006. Acuerdo 46 de 2006. La Región y La Metrópoli. Documento técnico de soporte POT [Documento en línea citado el 16 de julio de 2010 [http://www.medellin.gov.co/alcaldia/jsp/modulos/P\\_ciudad/pot/Acuerdo%2046/3%20LA%20REGION%20Y%20LA%20METROPOLI.pdf](http://www.medellin.gov.co/alcaldia/jsp/modulos/P_ciudad/pot/Acuerdo%2046/3%20LA%20REGION%20Y%20LA%20METROPOLI.pdf)].
- RALPH, C. J.; GEUPEL, G. R.; et al., 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 51p. [Documento en línea consultado el 5 de Julio de 2010 [http://www.google.com.co/#hl=es&source=hp&q=manual+de+monitoreo+de+aves+terrestres+por+Ralph&btnG=Buscar+con+Google&rlz=1R2GGIE\\_es&aq=f&aqi=&aql=&oq=manual+de+monitoreo+de+aves+terrestres+por+Ralph&gs\\_rfai=&fp=cf13a1bd4756e5a](http://www.google.com.co/#hl=es&source=hp&q=manual+de+monitoreo+de+aves+terrestres+por+Ralph&btnG=Buscar+con+Google&rlz=1R2GGIE_es&aq=f&aqi=&aql=&oq=manual+de+monitoreo+de+aves+terrestres+por+Ralph&gs_rfai=&fp=cf13a1bd4756e5a)]. Albany, CA.
- RENJIFO, L.M. 1997. Listas preliminares de aves colombianas con algún riesgo a la extinción. Informe final presentado al Instituto de Investigaciones y Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. [Documento en línea [http://www.humboldt.org.co/conservacion/Listas\\_Preliminares.htm](http://www.humboldt.org.co/conservacion/Listas_Preliminares.htm)].
- REYES, F. Sin fecha. [Documento en línea <http://www.gabrielortiz.com/>]
- RODRIGUEZ, G. Et Al. 2007. Análisis del paisaje de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. [Documento en línea [http://www.ehu.es/temporalcatedra/revista/numero\\_1/01\\_06onaindia.pdf](http://www.ehu.es/temporalcatedra/revista/numero_1/01_06onaindia.pdf)]
- SERVIDORES GEOGRÁFICOS. 2010. Sistemas de Información Geográfica, Bases de Datos Espaciales, Cartografía y Teledetección. [<http://servidoresgeograficos.blogspot.com/2008/07/geodatabase.html>].